

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 44 785.3

Anmeldetag: 26. September 2002

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und mikromechanisches Bauelement

IPC: B 81 C 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hiebinger

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

18.09.02 Sb/Bo

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und mikromechanisches Bauelement

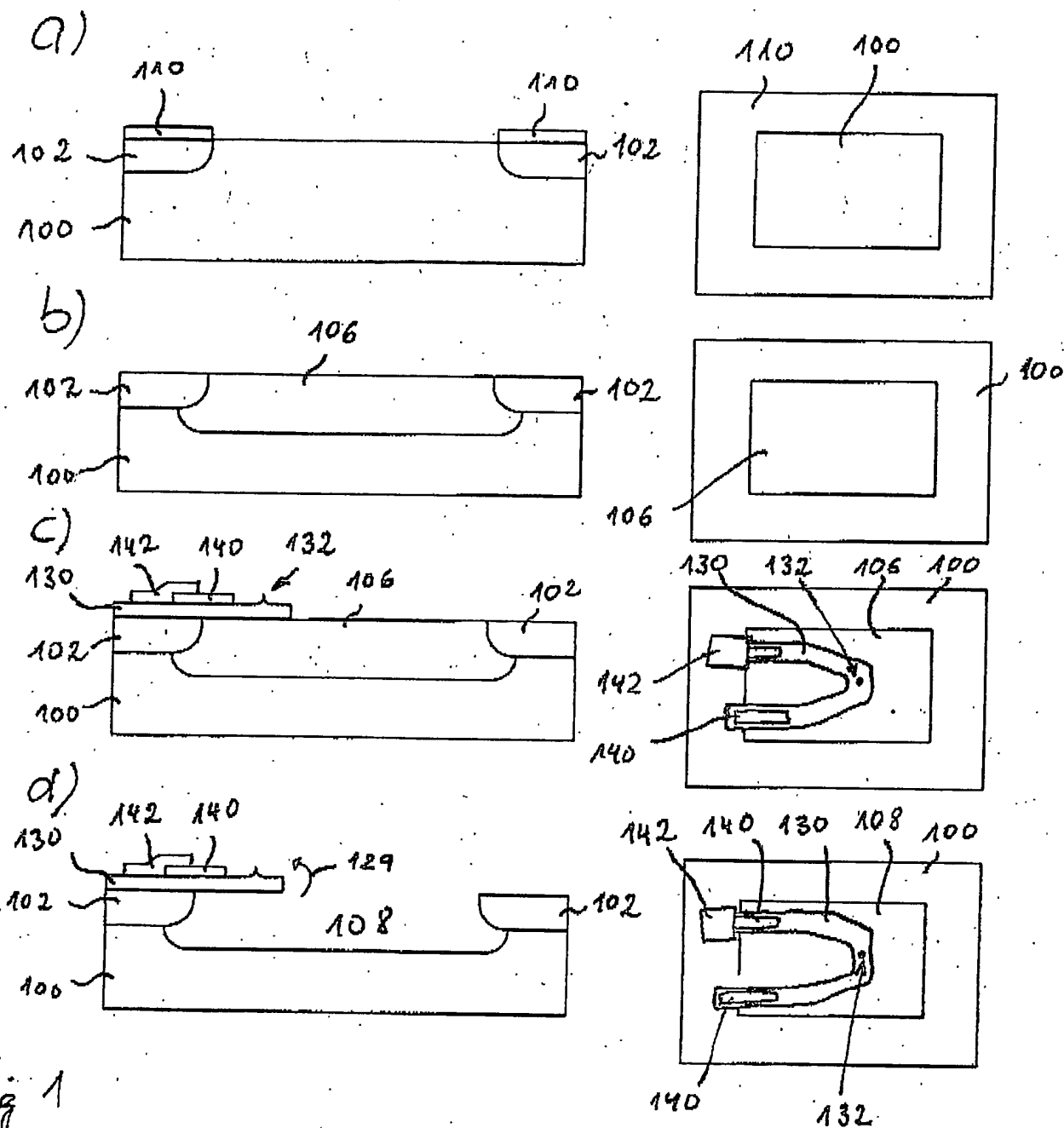
Zusammenfassung

15

Es wird ein Herstellungsverfahren und ein mikromechanisches Bauelement vorgeschlagen, bei dem poröses Silizium (106) als Opferschicht dient und durch Wegätzen der Opferschicht eine Funktionsschicht (130) freigelegt wird.

20

2



18.09.02 Sb/Bo

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und mikromechanisches Bauelement

Stand der Technik

15

20

2

30

35

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einem mikromechanischen Bauelement nach der Gattung der nebengeordneten Ansprüche. Freistehende Mikrostrukturen in Oberflächenmikromechanik werden üblicherweise mit Hilfe der Opferschichttechnik hergestellt. Dazu wird auf einem Substrat, beispielsweise Silizium, eine Opferschicht erzeugt und eventuell strukturiert. Als Opferschicht kommt hierbei beispielsweise Siliziumdioxid in Frage. Auf diese Opferschicht wird eine Funktionsschicht aufgebracht und ebenfalls strukturiert. Als Funktionsschicht kommt beispielsweise polykristallines Silizium oder aber auch Siliziumnitrid in Frage. Durch das Auflösen der Opferschicht, beispielsweise durch Trockenätzen, durch Gasphasenätzen oder durch nasschemisches Ätzen wird die Funktionsschicht vom Substrat abgelöst, so dass sie frei steht. Sie ist an einer oder mehreren Stellen am Substrat aufgehängt und kann sich beispielsweise verbiegen oder schwingen. Anwendungen solcher freitragender Strukturen sind z.B. Mikrobalken, an deren Ende die Spitze eines Rastermikroskops (atomic force microscope AFM, scanning tunneling microscope STM und dergleichen) befindet, um Oberflächen abzutasten. Andere Anwendungen für solche mikromechanische Strukturen sind Sensoren, die anhand der Absorption von Molekülen auf einem Mikrobalken über dessen Verbiegung chemische Stoffkonzentrationen bestimmen und die somit auch als „künstliche Nasen“ bezeichnet werden können. Weitere Anwendungen sind Mikrobalken, die als Aktoren für optische Mikrospiegel dienen, wobei die Mikrospiegel beispielsweise als optische Schalter oder als Filter oder dergleichen dienen. Weitere Anwendungsmöglichkeiten sind Mikrogreifer u.a.

Weiterhin ist es bekannt, poröses Silizium zu erzeugen. Dabei wird das Halbleitersubstrat, welches insbesondere als Siliziumsubstrat vorgesehen ist, mittels einem elektrochemischen Nassätzverfahren in einer fluoridhaltigen Lösung mit einer großen Anzahl von Poren versehen, so dass in dem Bereich des Substrats, in dem sich die Poren befinden, poröses Silizium gebildet wird.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren und das mikromechanische Bauelement mit den Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche haben dem gegenüber den Vorteil, dass ein Bereich von porösem Silizium bzw. ein Bereich von porösem Substratmaterial als Opferschicht verwendet wird. Hier ist es zum einen möglich, auf dem Siliziumsubstrat zunächst die Funktionsschicht aufzubringen und danach das Substrat durch elektrochemisches Nassätzen porös zu unterätzen, wobei als letzter Prozessschritt der poröse Substratbereich in verdünnter alkalischer Lösung aufgelöst und damit die Funktionsschicht von unten freigelegt wird. Diese Vorgehensweise ist insbesondere in den Figuren 3 und 4 dargestellt.

Erfindungsgemäß ist es jedoch insbesondere vorgesehen, durch elektrochemisches Nassätzen von Silizium in einer fluoridhaltigen Lösung den porösen Bereich auf der Oberfläche des Siliziumsubstrats in einem ersten Schritt zu erzeugen und erst in einem zweiten Schritt die Funktionsschicht, beispielsweise aus Silizium, aufzubringen. Wahlweise können auf den porösen Bereich außer der Funktionsschicht noch weitere Schichten, wie beispielsweise Siliziumnitrid, Metall o.ä. auf das Substrat ausgebracht und strukturiert werden, um beispielsweise eine Vorspannung in der Funktionsschicht zu erzeugen, oder auch um Aktor- oder Sensorelemente in der Funktionsschicht zu integrieren bzw. diese zu kontaktieren. Weiterhin kann die poröse Schicht nach deren Erzeugung optional auch oxidiert werden. Die Funktionsschicht wird hierbei, wie in den Figuren 1 und 2 dargestellt, oberhalb des porösen Bereichs so strukturiert, dass sie die gewünschte Form bekommt, also beispielsweise einen Balken bildet, der nach seiner späteren Freilegung nur noch an definierten Stellen mit dem Substrat direkt oder indirekt verbunden ist. In einem dritten Schritt wird die Opferschicht aufgelöst bzw. umgelagert. Das Auflösen bzw. Wegätzen der porösen Schicht kann beispielsweise in verdünnter KOH-Lösung oder auch mittels TMAH-Lösung (Tetramethylammoniumhydroxid, $(CH_3)_4NOH$) weggeätzt werden. Alternativ hierzu kann insbesondere im Falle von

oxidiertem porösem Silizium das Wegätzen des porösen Bereichs in Flusssäure (HF) bzw. BHF (buffered HF, gepufferte Flusssäure) oder durch Gasphasenätzen in fluoridhaltiger Umgebung entfernt werden.

5 Der Vorteil der Verwendung von porösem Silizium als Opferschicht gegenüber der Verwendung von Siliziumdioxid als Opferschicht ist, dass mit porösem Silizium wesentlich tiefer geätzt werden kann als es aufgrund der herstellbaren Dicke von thermischem Siliziumoxid mit diesem Material möglich wäre. Weiterhin ist es möglich, insbesondere für den Fall, dass die Erzeugung des porösen Bereichs, d.h. der
10 Opferschicht, zeitlich vor der Erzeugung der Funktionsschicht erfolgt, dass nach der Bildung der Funktionsschicht keine nasschemische Anwendung mehr erfolgen muss. Weiterhin wird für die in den Figuren 3 und 4 beschriebene Vorgehensweise, bei der zuerst die Funktionsschicht gebildet wird und anschließend der poröse Siliziumbereich gebildet wird, im Gegensatz zu dem in den Figuren 1 und 2 beschriebenen Ablauf eine
15 weitere Trennschicht von der Funktionsschicht benötigt, wie beispielsweise Siliziumdioxid. Dem gegenüber kann die Selektivität beim elektrochemischen Porösifizieren von Silizium auch durch eine lokale Dotierung, wie sie in einem integrierten Halbleiterprozess ohnehin üblich ist, bewerkstelligt werden. Hierdurch ist es möglich, den erfindungsgemäßen Prozess, insbesondere bei einer Fertigung der Funktionsschicht
20 nach einer Fertigung des porösen Bereichs, einfacher in den Herstellungsablauf integrieren elektronischen Schaltungen mit einem mikromechanischen Bauelement eingebettet werden, ohne dass spezielle Wafer, wie beispielsweise SOI-Wafer (silicon on insulator), benötigt werden.

2 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der in den nebengeordneten Ansprüchen angegebenen Verfahren bzw. dem mikromechanischen Bauelement möglich.

30 Besonders vorteilhaft ist, dass zuerst der poröse Bereich und anschließend die Funktionsschicht erzeugt wird, weil dies die Handhabung des Fertigungsprozesses stark vereinfacht und weiterhin nach der Erzeugung der Funktionsschicht keinen nasschemischen Schritt mehr erforderlich macht, sowie weiterhin auch vorteilhafte strukturelle Wirkungen hat. Insbesondere ergeben sich bei einer Erzeugung des porösen Bereichs nach der Erzeugung der Funktionsschicht das Problem, dass bei der Erzeugung
35 des porösen Bereichs, welcher ein isotroper Prozessschritt ist, „Nasen“ bilden, welche

insbesondere an der Kante von freistehenden Strukturen deren Aufhängung schlecht definieren. Weiterhin ist von Vorteil, dass ein dotierter erster Bereich in dem Substrat erzeugt wird, in dem sich keine Poren bilden und dass anschließend der poröse Bereich erzeugt wird. Hierdurch ist es auf einfache Weise möglich, eine Strukturierung des porösen Bereichs zu erhalten. Weiterhin ist es von Vorteil, dass der poröse Bereich unterhalb der Funktionsschicht trockenchemisch weggeätzt werden kann. Dies vereinfacht das Herstellungsverfahren des mikromechanischen Bauelements. Weiterhin ist es von Vorteil, dass der poröse Bereich einen ersten porösen Teilbereich und einen zweiten porösen Teilbereich umfasst, wobei der zweite poröse Teilbereich eine höhere Porosität aufweist und durch eine thermische Behandlung ein Hohlraum im Bereich des zweiten porösen Teilbereichs gebildet wird und eine Deckschicht im Bereich des ersten porösen Teilbereichs verbleibt. Dadurch ist es möglich, die Freilegung der Funktionsschicht anschließend durch ein Trench-Ätzverfahren zu ermöglichen.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 ein erstes erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren,

Figur 2 ein zweites erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren,

Figur 3 ein drittes erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren,

Figur 4 ein mikromechanisches Bauelement gemäß dem dritten erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist das erste erfindungsgemäße Herstellungsverfahren, beispielhaft für die Herstellung eines Mikrobalkens für ein Rasterkraftmikroskop (AFM) dargestellt. Das Rasterkraftmikroskop umfasst eine Spitze, welche in Figur 1c und 1d mit dem

Bezugszeichen 132 versehen ist, welche mit einem frei stehenden Mikrobalken verbunden ist, welcher in bestimmten Grenzen beweglich ist und bewegt werden kann. Es ist jedoch erfindungsgemäß selbstverständlich genauso möglich, andere mikromechanische Strukturen mittels den erfindungsgemäßen Verfahren herzustellen. Beispiele hierfür sind mikromechanische Sensoren, wie beispielsweise Drehratensensoren oder auch lineare Beschleunigungssensoren, welche in der Funktionsschicht an Federelementen befestigte Massen aufweisen, deren Auslenkungen in Abhängigkeit von äußeren Beschleunigungen oder Drehraten geändert wird.

In Figur 1 ist jeweils in den Figuren 1a bis 1d verschiedene Prozessstadien des erfindungsgemäßen mikromechanischen Bauelements dargestellt und zwar auf der linken Seite eine Schnittdarstellung durch ein, gemäß dem ersten erfindungsgemäßen Verfahren prozessiertes Substrat und auf der rechten Seite eine Draufsicht auf ein solchermaßen prozessiertes Substrat. In Figur 1a ist ein Halbleitersubstrat 100 dargestellt, welches dotierte erste Bereiche 102 aufweist und in Teilbereichen seiner Oberfläche mittels einer Maskierungsschicht 110 bedeckt ist. Bei dem Substrat 100 handelt es sich erfindungsgemäß insbesondere um ein positiv dotiertes Siliziumsubstrat 100, in welches als dotierte erste Bereiche 102 lokale negative Dotierungen eingebracht sind. Alternativ oder zusätzlich ist das Substrat 100 mittels der beispielsweise als Nitridmaske (Si_3N_4) vorgesehenen Abdeckschicht 110 bedeckt. Durch die Abdeckung des Substrats 100 werden diejenigen Stellen definiert, welche porösisiert werden sollen. In Figur 1b ist das erfindungsgemäße Halbleitersubstrat 100 nach der Erzeugung eines porösen Bereichs 106 dargestellt. Dieser wird dadurch erzeugt, dass in einer fluoridhaltigen Lösung elektrochemisch poröses Silizium als Opferschicht im Bereich 106 hergestellt wird. Typische Schichtdicken dieser porösen Schicht bzw. dieses porösen Bereichs 106 liegen zwischen 1 μm und 100 μm . Die poröse Schicht 106 bzw. der poröse Bereich 106 kann optional weiterhin auch oxidiert werden. Die Nitridmaske 110 kann im selben Ätzbad abgelöst werden.

In Figur 1c ist das erfindungsgemäße Halbleitersubstrat 100 dargestellt, auf welchem bereits das erfindungsgemäße mikromechanische Bauelement erkennbar ist. Das erfindungsgemäße mikromechanische Bauelement ist dadurch ausgezeichnet, dass es eine Funktionsschicht aufweist, welche freistehende Bereiche aufweist, die sich beispielsweise bewegen können oder auch auf bestimmte Temperaturen geheizt werden können. Hierzu ist es notwendig, dass das mikromechanische Bauelement in seiner Funktionsschicht,

welche in der Figur 1 mit dem Bezugszeichen 130 bezeichnet ist, zumindest teilweise freistehend vorgesehen ist. Im beschriebenen Beispiel ist als mikromechanisches Bauelement die Spitze eines Rasterkraftmikroskops beschrieben. Hierzu weist die Funktionsschicht 130, welche beispielsweise aus epitaktischem oder polykristallinem Silizium besteht, einen vorderen freistehenden Bereich auf, auf welcher sich die Spitze 132 des Rasterkraftmikroskops befindet. Diese Funktionsschicht 130 wird derart hergestellt, dass auf dem Siliziumsubstrat 100 und insbesondere auf dem porösisierten Bereich 106 die Funktionsschicht 130, insbesondere ein kristallines oder polykristallines Silizium, abgeschieden wird. Mit weiteren, aus der Halbleitertechnik bekannten Verfahren, können weitere Schichten, die mit der Funktionsschicht 130 zusammenwirken, gebildet werden. Beispielhaft ist in Figur 1 eine Siliziumnitridschicht als strukturierter Bereich mit dem Bezugszeichen 140 versehen. Weiterhin ist eine Aluminiumschicht als weiterer strukturierter Bereich, welcher mit der Funktionsschicht 130 zusammenwirkt, in strukturierter Weise auf das Bauelement aufgebracht und mit dem Bezugszeichen 142 bezeichnet. Die Aluminiumschicht 142 dient beispielsweise der Signalführung bzw. -ableitung auf die Siliziumnitridschicht 140, welche beispielsweise zur Heizung der Funktionsschicht 130 dient. Die mit der Funktionsschicht 130 zusammenwirkenden Schichten 140, 142 sind erfindungsgemäß insbesondere als Sensorelemente oder Aktorelemente vorgesehen, die beispielsweise den Mikrobalken, insbesondere mit einer Vorspannung, herausbiegen können. Sowohl die Funktionsschicht 130 als auch die mit dieser zusammenwirkenden Schichten 140, 142 werden in der Regel erfindungsgemäß ebenfalls strukturiert, um ihnen die gewünschte Form zu geben.

In einem weiteren Verfahrensschritt wird die poröse Schicht 106 bzw. der poröse Bereich 106 herausgelöst und damit die Funktionsschicht 130 zumindest teilweise freigelegt. Das Resultat dieses Vorgangs ist in Figur 1d dargestellt. Hierbei wird der poröse Bereich 106 im Wesentlichen vollständig entfernt, weshalb der poröse Bereich 106 auch als Opferschicht bezeichnet wird. Dieser herausgelöste Bereich ist in Figur 1d mit dem Bezugszeichen 108 bezeichnet. Durch das Herauslösen der Opferschicht 106 wird die Funktionsschicht 130 freigelegt. Dies kann im Falle von porösem Silizium mit verdünnter alkalischer Lösung, beispielsweise mittels KOH oder TMAH geschehen. Im Falle von oxidiertem porösem Silizium eignet sich eine fluoridhaltige Lösung, wie beispielsweise HF oder BHF. In beiden Fällen sind auch Trockenätzverfahren, wie beispielsweise reaktives Ionenätzen, mit SF_6 (Schwefelhexafluorid) anwendbar. Durch das Auflösen der porösen Schicht 106, welches wegen der geringen Wandstärke der Poren um mehrere

Größenordnungen schneller geschieht als die Ätzung einer gleich dicken, massiven Schicht aus Silizium, wird die Funktionsschicht 130 von unten teilweise vom Substrat 100 freigelegt bzw. abgelöst, so dass sie frei steht. Durch eine geeignete Vorspannung kann sie sich aus der Substratebene herausbiegen, um beispielsweise als Federbalken für eine Rasterkraftmikroskopspitze zu dienen. Dies ist in Figur 1d mittels einem mit dem Bezugszeichen 129 bezeichneten Pfeil dargestellt.

In Figur 2 ist ein alternatives zweites erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren dargestellt. Wiederum ist das Substrat 100 und die ersten dotierten Bereiche 102 vorgesehen, welche der Begrenzung des später zu erzeugenden porösen Bereichs dienen. Das Substrat 100 ist erfindungsgemäß auch beim zweiten Verfahren, insbesondere als positiv dotiertes Siliziumsubstrat vorgesehen. Die ersten dotierten Bereiche 102 sind ebenfalls wiederum als Bereiche einer lokalen negativen Dotierung vorgesehen. Alternativ zu den dotierten ersten Bereichen 102 zur Begrenzung des porösen Bereichs ist es auch möglich, lediglich eine, auch in Figur 2 mit dem Bezugszeichen 110 versehene Nitridmaske als Abdeckschicht 110 vorzusehen. Insgesamt wird durch den dotierten ersten Bereich 102 und/oder durch die Abdeckung 110 der Bereich definiert, welcher porösisiert werden soll. Dieser zu porösizierende Bereich wird beim zweiten Herstellungsverfahren an seiner Oberfläche einige μm tief mit einer starken positiven Dotierung versehen. Hierbei entsteht der in Figur 2a mit dem Bezugszeichen 103 versehene Bereich des Substrats 100, welcher wie gesagt lediglich einige μm tief in das Substrat 100 hinein reicht. Die starke positive Dotierung des Bereichs 103 beträgt beispielsweise 10^{19} cm^{-3} . In Figur 2b ist das erfindungsgemäße Substrat 100 nach dem Verfahrensschritt der Erzeugung des porösen Bereichs dargestellt. Der poröse Bereich ist beim zweiten erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren des erfindungsgemäßen mikromechanischen Bauteils nicht – wie in Figur 1 dargestellt – mittels eines einzigen gleichförmigen Bereichs 106 vorgesehen, sondern der poröse Bereich ist beim zweiten erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren aufgeteilt in einen ersten porösen Teilbereich 103 und einen zweiten porösen Teilbereich 104. Zusammen werden die beiden Teilbereiche 103, 104 im folgenden auch als poröser Bereich 106 bezeichnet. Der erste poröse Teilbereich 103 entspricht dem Bereich der oberflächlichen, stark positiven Dotierung des Siliziumsubstrats 100, welcher in Figur 2a ebenfalls mit dem Bezugszeichen 103 dargestellt ist. Beim Verfahrensschritt zur Erzeugung des Halbleitersubstrats gemäß der Figur 2b wird in einer fluoridhaltigen Lösung elektrochemisch poröses Silizium als Opferschicht

hergestellt, wobei typische Schichtdicken des gesamten porösen Bereichs 106 zusammen wiederum zwischen 1 µm und mehreren 100 µm liegen. Aufgrund der Ätzeigenschaften von porösem Silizium hat die höher positiv dotierte Schicht 103, das heißt der erste poröse Teilbereich 103, eine niedrigere Porösität als der zweite poröse Teilbereich 104, welcher sich in dem Bereich des Substrats 100 befindet, welcher weniger stark positiv dotiert ist. Ein ähnlicher bzw. auch verstärkender Effekt kann neben der unterschiedlichen Dotierung der Substratbereiche 103, 104 auch durch eine Änderung der Stromstärke bzw. Stromdichte während des Porösizierens hervorgerufen werden. Im zweiten porösen Teilbereich 104 weist das poröse Silizium eine höhere Porösität auf, als im ersten Teilbereich 103. Anstatt der Erzeugung lediglich einer hochporösen Schicht im zweiten porösen Teilbereich 104 des porösen Gesamtbereichs 106 ist es erfindungsgemäß auch möglich, bei noch höheren Stromstärken das Siliziummaterial im zweiten porösen Teilbereich 104 zu elektropolieren, um dadurch einen Hohlraum unter der porösen Schicht 103 im ersten porösen Teilbereich 103 zu erzeugen. Dies ist jedoch lediglich optional Teil des zweiten erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens. Die porösen Schichten 103, 104 können erfindungsgemäß auch optional oxidiert werden. Die Nitridmaske 110 als Abdeckschicht 110 kann bei dem Verfahren der Herstellung der porösen Schichten 103, 104 ebenfalls abgelöst werden. Erfindungsgemäß ist es beim zweiten Herstellungsverfahren anschließend an die Porosizierung vorgesehen, die porösen Teilschichten der porösen Schicht bei hoher Temperatur von ca. 900°C bis 1100°C in Wasserstoffatmosphäre bei Atmosphärendruck umzulagern. Dadurch wird die hochporöse Schicht im zweiten porösen Teilbereich 104 abgebaut, sofern sie – falls ein Elektropolierschritt nicht angewendet wurde – noch existiert. Der Bereich der zweiten porösen Teilschicht 104 wandelt sich bei dieser Umlagerung in einen Hohlraum bzw. in eine Kavérne um und ist in der Figur 2c mit dem Bezugszeichen 107 versehen. Die obere, weniger poröse bzw. niedrig porösere Schicht 104, die auch als erster poröser Teilbereich 103 bezeichnet wird, wandelt sich bei dieser Umlagerung in eine Deckschicht 105 um. Die Poren der Deckschicht 105 sind hierbei erfindungsgemäß insbesondere weitgehend geschlossen.

Im Anschluss an die Umlagerung zur Herstellung des Hohlraums 107 wird die erfindungsgemäße Funktionsschicht 130 mit ihren Hilfsschichten bzw. den mit der Funktionsschicht zusammenwirkenden Schichten 140, 142 in ähnlicher Weise, wie bei Figur 1 beschrieben, aufgebracht und strukturiert. Die Funktionsschicht 130 ist wiederum entweder als epitaktische Schicht oder als polykristalline Schicht,

insbesondere aus Silizium, vorgesehen. Die Funktionsschicht 130 bzw. die mit dieser zusammen wirkenden Schichten 140, 142 werden, ähnlich wie bei Figur 1 beschrieben, strukturiert, um ihnen die gewünschte Form zu geben. Dies kann bevorzugt durch ein Trockenätzverfahren, wie beispielsweise reaktives Ionenätzen mit SF_6 geschehen.

5 Durch Ätzen, insbesondere durch Trench-Ätzen, der Funktionsschicht und der Deckschicht 105, wird die Funktionsschicht 130 vom Substrat 100 abgelöst und damit freigelegt, so dass sie frei steht. Durch geeignete Vorspannung der Funktionsschicht 130 kann diese sich aus der Substratebene herausbiegen; um beispielsweise als Federbalken für ein Rasterkraftmikroskop zu dienen.

10 In Figur 3 ist ein drittes erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren dargestellt. Im Gegensatz zu den beiden ersten erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren ist es beim dritten Herstellungsverfahren vorgesehen, zunächst die Funktionsschicht 130 zu erzeugen und anschließend den Bereich des porösen Siliziums zu erzeugen. Dies hat

15 den Nachteil, dass nach der Erzeugung der Funktionsschicht 130 ein nasschemischer Prozessschritt zur Erzeugung des porösen Siliziums durchzuführen ist. In Figur 3a ist ein Substrat 100 mittels einer oberflächlichen Schicht 101 aus thermischem Silizium dargestellt. Bei dem Substrat 100 handelt es sich erfindungsgemäß insbesondere um ein Siliziumsubstrat. Oberhalb der thermischen Siliziumoxidschicht ist erfindungsgemäß

20 die Funktionsschicht 130 vorgesehen, welche anschließend strukturiert wird, was in der Figur 4b dargestellt ist. Anschließend an die Erzeugung der Funktionsschicht 130 wird im dritten Herstellungsverfahren in Figur 3 der poröse Siliziumbereich hergestellt, welcher mit dem Bezugszeichen 106 versehen ist. Hierbei entstehen unterhalb

25 insbesondere der freistehenden und in der Figur 3 mit dem Bezugszeichen 131 versehenen Anteile der Funktionsschicht 130 sogenannte Nasen aus Substratmaterial, welches nicht zum porösen Bereich 106 gehört. Eine solche Nase ist in Figur 3c mit dem Bezugszeichen 99 versehen. In einem nachfolgenden Schritt, dessen Resultat in Figur 3d dargestellt ist, wird der Bereich des porösen Siliziums 106 aus der Figur 3c mittels eines nasschemischen Prozesses entfernt und es entsteht der freigelegte Bereich,

30 welcher auch in Figur 3 mit dem Bezugszeichen 108 bezeichnet ist. Dieser Bereich weist unterätzte Bereiche unterhalb der Funktionsschicht 130 auf, welche in Figur 3d mit dem Bezugszeichen 135 versehen sind.

35 In Figur 4 ist das Resultat der Herstellung eines erfindungsgemäßen mikromechanischen Bauelements gemäß dem dritten erfindungsgemäßen

Herstellungsverfahren, wie in Figur 3 dargestellt, abgebildet. Auf dem Substrat 100 ist die Funktionsschicht 130 vorgesehen, sowie der herausgeätzte Bereich 108, in dem sich vorher die poröse Siliziumschicht 106 befand, welche zur Herstellung des erfindungsgemäßen Bauelementes als Opferschicht diente. Die Funktionsschicht 130 weist in Figur 4 einen freistehenden Mikrobalken auf, welcher im freistehenden Bereich mit dem Bezugszeichen 131 bezeichnet ist. Durch das erfindungsgemäße mikromechanische Bauelement ist eine Schnittlinie AA dargestellt, entlang welcher die in Figur 3 dargestellten Querschnitte vorgesehen sind. Erkennbar ist in Figur 4 der unterätzte Bereich 135, der Ausnahme 108. Dadurch, dass die Erzeugung des porösen Siliziumbereichs 106 weitgehend ein isotroper Prozess ist, bilden sich unterhalb der freistehenden Struktur sogenannte Nasen, die in Figur 4 mit dem Bezugszeichen 136 versehen sind. Dies ist erfindungsgemäß deshalb der Fall, weil die Erzeugung des porösen Bereichs 106 nach der Erzeugung der Funktionsschicht 130 erfolgt. Im Bereich der Nasen 136 ist die freistehende Struktur weniger gut definiert als wenn der Übergang zwischen dem mit dem Substrat 100 verbundenen Bereich der Funktionsschicht 130 zu dem freistehenden Bereich 131 der Funktionsschicht 130 gerade und definiert wäre.

18.09.02 Sb/Bo

5.

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

15

1. Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauelements mittels einer Opferschicht, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Siliziumsubstrat (100) ein strukturierter poröser Bereich (106) und oberhalb des porösen Bereichs (106) eine Funktionsschicht (130) erzeugt wird und bei dem anschließend die Funktionsschicht (130) freigelegt wird, wobei der poröse Bereich (106) zumindest teilweise als Opferschicht dient.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zuerst der poröse Bereich (106) und anschließend die Funktionsschicht (130) erzeugt wird.

25

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der poröse Bereich (106) dadurch strukturiert vorgesehen ist, dass ein dotierter erster Bereich (102) in dem Substrat (100) erzeugt wird, in welchem sich keine Poren bilden, und dass anschließend der poröse Bereich (106) erzeugt wird.

30

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschicht (130) strukturiert ist und dass weitere, mit der Funktionsschicht (130) zusammen wirkende Schichten (140, 142), die insbesondere strukturiert vorgesehen sind, oberhalb des porösen Bereichs (106) erzeugt werden.

35

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der poröse Bereich (106) unterhalb der Funktionsschicht (130) trockenchemisch weggeätzt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der poröse Bereich (106) einen ersten porösen Teilbereich (103) und einen zweiten porösen Teilbereich (104) umfasst, wobei der zweite poröse Teilbereich (104) eine höhere Porösität aufweist und durch eine thermische Behandlung ein Hohlraum (107) im Bereich des zweiten porösen Teilbereichs (104) gebildet wird und wobei eine Deckschicht (105) im Bereich des ersten porösen Teilbereichs (103) verbleibt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Freilegung der Funktionsschicht (130) wenigstens die Deckschicht (105) zumindest teilweise geätzt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zuerst die Funktionsschicht (130) erzeugt wird und anschließend der poröse Bereich (106) unterhalb der Funktionsschicht (130) erzeugt wird.

9. Mikromechanisches Bauelement, hergestellt nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

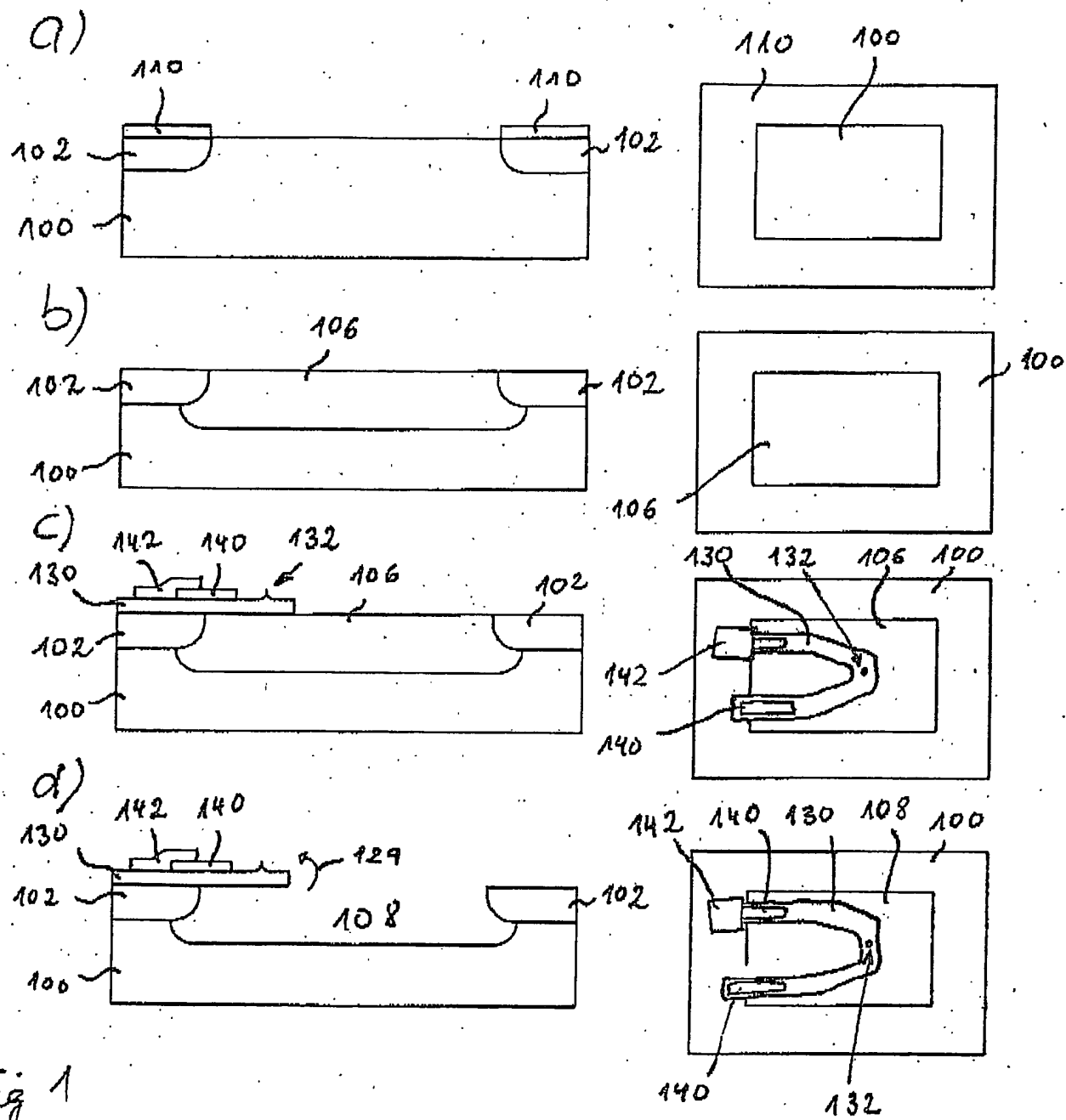


Fig 1

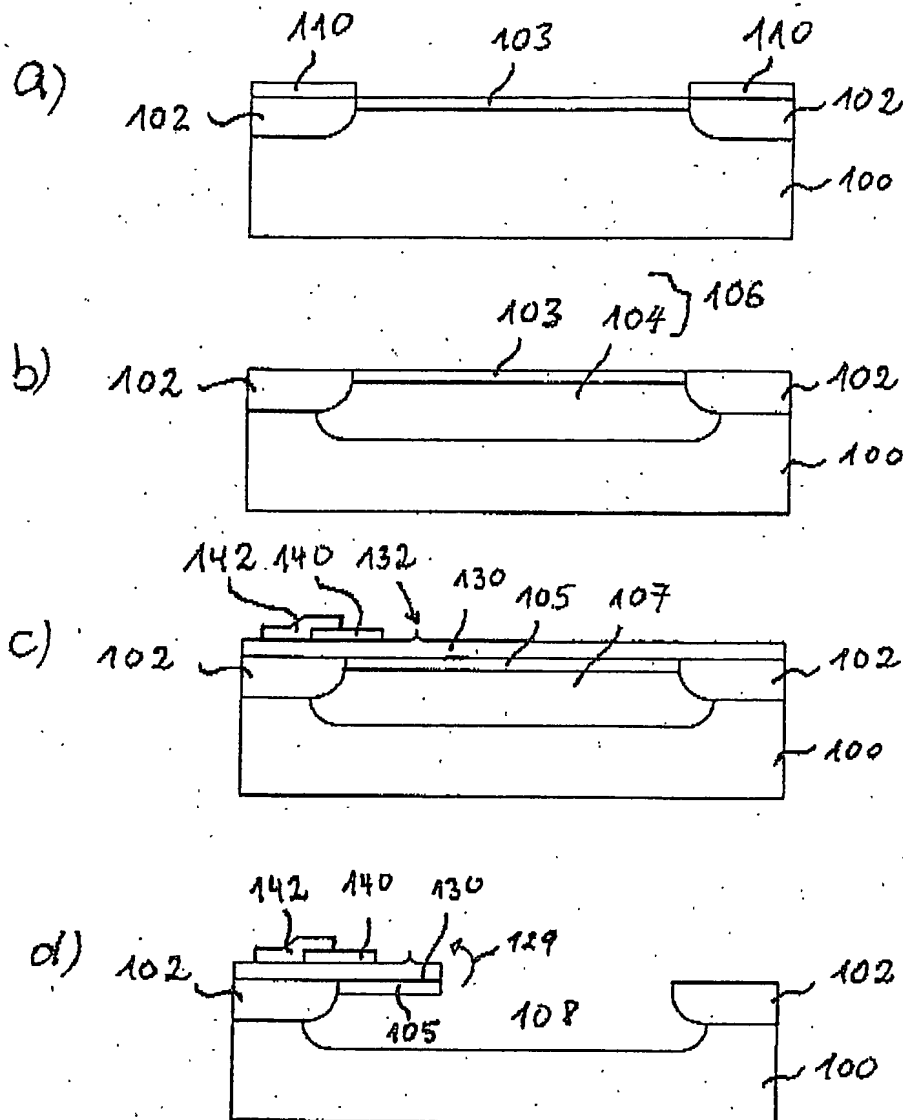


Fig 2

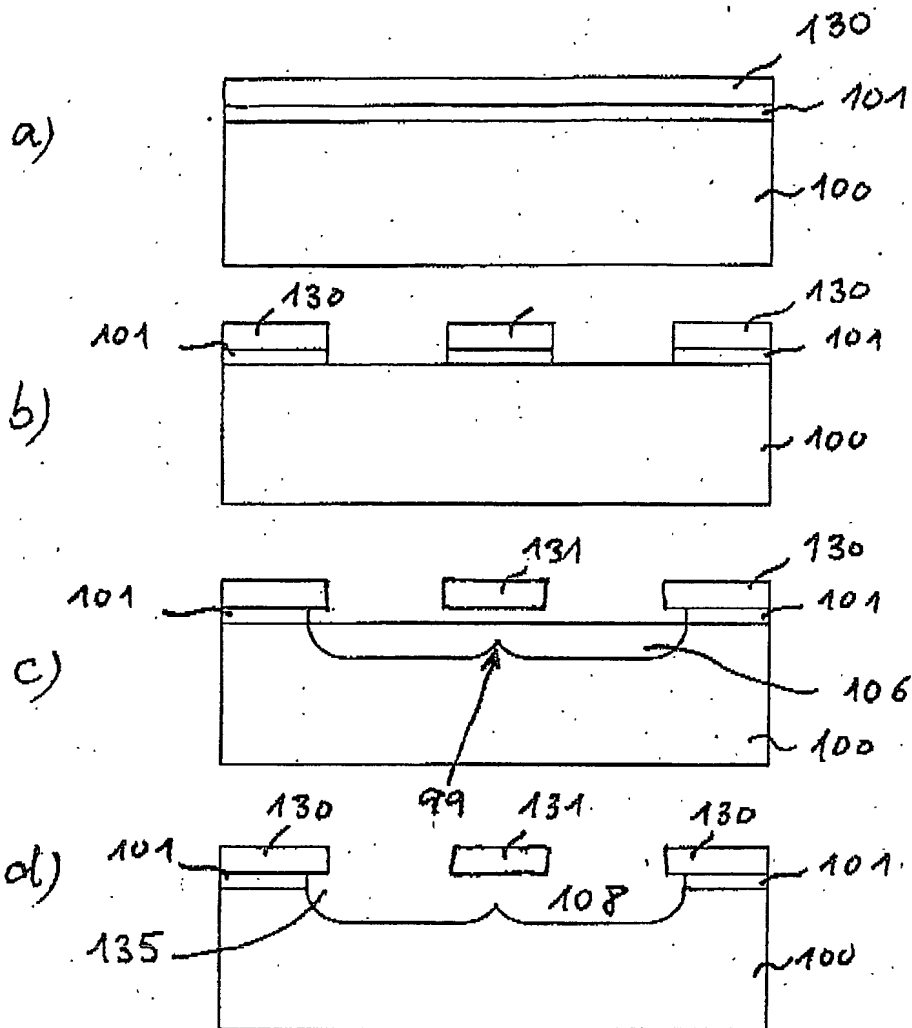
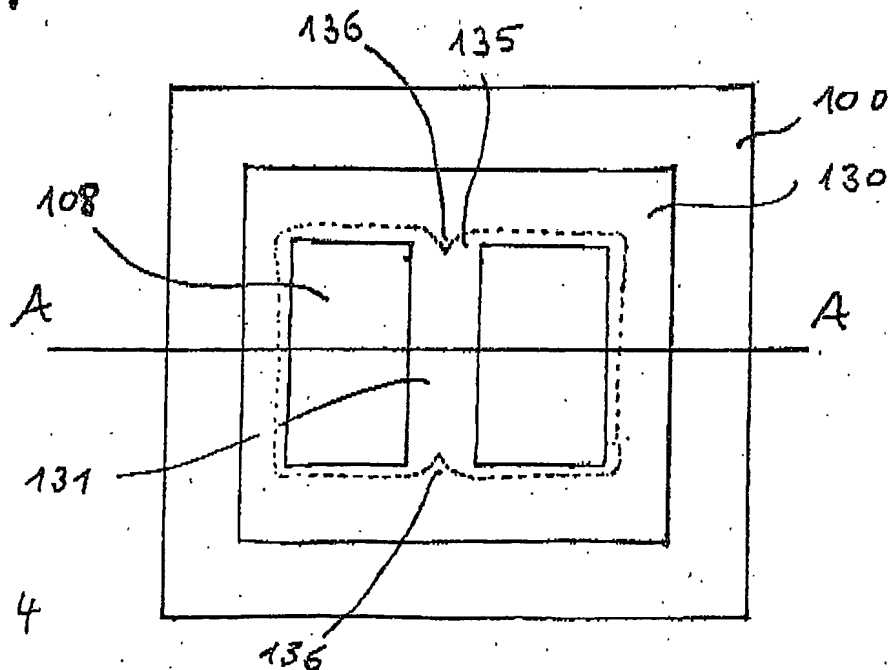


Fig 3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.